动 物 学 研 究 2003, Apr. 24 (2): 94~98 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

饥饿对黑鲷血清生长激素、甲状腺激素以及白肌和肝脏脂肪、蛋白质含量的影响

邓 利[1,2], 张为民[1], 林浩然[1,3]
(1. 中山大学 水生经济动物研究所暨广东省水生经济动物良种繁育重点实验室, 广东 广州 510275;
2. 深圳大学 生命科学学院, 深圳 518060)

摘要: 饥饿处理黑鲷(*Sparus macrocephalus*) 2、5、10、15 和 30 d, 分别测定血清生长激素(GH)和甲状腺激素三碘甲状腺原氨酸(T_3)浓度以及脂肪和蛋白质在白肌和肝脏中的含量; 同时测量正常摄食动物的相应指标作为对照。数据分析结果显示: ①饥饿 15 d 后血清 GH 水平显著升高, T_3 水平显著降低; ②饥饿 15 d 后白肌蛋白质含量显著降低, 而脂肪含量则在饥饿 2 d 就降低, 并维持此低水平; ③肝脏脂肪含量在饥饿 10 d 后显著升高, 而蛋白质呈不规则波动。GH 水平升高能强化储能物质的转化, 而 T_3 水平降低可降低代谢水平。二者的协同作用很可能是该种应对饥饿胁迫的重要生理反应机制。

关键词: 黑鲷; 饥饿; 生长激素; 甲状腺激素; 贮能物质
中图分类号: Q959.4; Q45 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254-5853(2003)02-0094-05

Effects of Starvation on the Contents of Growth Hormone and Triiodothyronine in Serum, and Lipid and Protein of White Muscles and Livers in Black Seabreams

DENG Li[1,2], ZHANG Wei-min[1], LIN Hao-ran[1,3]
(1. *Institute of Aquatic Economic Animals and Guangdong Provincial Key Laboratory for Aquatic Economic Aminals, Zhongshan University, Guangzhou* 510275, *China*; 2. *College of Life Science, Shenzhen University, Shenzhen* 518060, *China*)

Abstract: The contents of growth hormone (GH) and triiodothyronine (T_3) in serum, and protein and lipid in white muscles were measured for black seabreams (*Sparus macrocephalus*) in starvation for 2, 5, 10, 15 and 30 days as treatments. At the same time the measurements were also made for the animals under normal condition as control. Testing for the difference between the treatment and control resulted in: ①the level of serum GH significantly increased after 15-day-starvation, and that of T_3 decresed; ②the content of protein in white muscles decresed after 15-day-starvation, and the reduction of lipid occurred after 2 d and kept the low level to the end; ③the content of lipid in livers increased significantly after 10 d, and that of protein fluctuated irregularly. The increase of serum GH could ehance the translation of body materials into engery, and the reduction of T_3 would reduce the metabolic rate, which could be viewed as physilological responses for the species to adapt the stress of starvation.

Key words: *Sparus macrocephalus*; Starvation; Growth hormone; Triiodothyronine; Energy stores

饥饿导致哺乳类动物血清甲状腺激素三碘甲状腺原氨酸(triiodothyronine, T_3)水平下降(Buyse et al, 2000), 肝脏生长激素(growth hormone, GH)受体水平下降(Schwartzbauer & Menon, 1998), 血清 GH 水平上升(Moller et al, 1993; Buyse et al, 2000)。鱼类则通过降低代谢水平以适应饥饿胁迫(Xie et al, 1998; Zhang & Xie, 2000)。饥饿状态下多数鱼类首先消耗肝糖原, 然

收稿日期: 2002-08-30; 接受日期: 2003-01-08
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39970586)
3. 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: ls32@zsu.edu.cn

后利用脂肪，对蛋白质的利用较少，而且一般是在脂肪被大量消耗以后，如欧洲鲈(*Picentrarchus labrax*)(Stirling, 1976)、黄鲈(*Macquaria ambigua*)(Collins & Anderson, 1995)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)(Shen et al, 1999)以及南方鲇(*Silurus meridionalis*)(Zhang et al, 2000)等。但也有例外，如冬鲽(*Pleuronectes americanus*)却在饥饿期间主要消耗蛋白质(Maddock & Burton, 1994)。饥饿胁迫对鱼类内分泌系统，尤其是对影响调节生长、代谢等生理活动的内分泌因子的研究还较为缺乏。虽然已发现多数鱼类在饥饿过程中代谢率会降低，但是对与调节代谢水平的主要激素——T_3在其中的作用研究甚少，例如Leatherland & Farbridge (1992) 在对虹鳟的研究中发现，饥饿使其血清T_3水平显著下降，但并不知道该现象在鱼类中是否具有普遍性。

为此，本研究测定了黑鲷在饥饿过程中血清GH、T_3水平，以及白肌与肝脏中脂肪和蛋白质含量，以了解饥饿对黑鲷GH、T_3分泌的影响，同时探讨在饥饿过程中黑鲷激素调动其体内储能物质的可能机制。

1　材料和方法

1.1　实验鱼及饲养

实验鱼为体重 (160.3 ± 25.8) g，体长 (18.2 ± 1.5) cm的黑鲷。采自广东省大亚湾水产养殖试验中心海水养殖基地。从海上网箱内捕回后暂养在体积为100 L的室内海水养殖池内。饲喂切成碎块的小杂鱼，每天投喂2次 (9: 00及17: 00各1次)，饱足喂养1周后待实验处理。

1.2　实验设计与处理

将驯养1周后的实验鱼分为2大组，每大组分为5小组，每小组9尾鱼。大组Ⅰ进行饥饿处理，分别在第2、5、10、15及30 d取样；大组Ⅱ作为对照，连续喂食，每天于9: 00饱足投喂1次，同样分别在第2、5、10、15及30 d取样。实验期间持续向各组的养殖池内以30 L/h的流速注入新鲜海水。光照为12L:12D。

各实验组处理结束时，从每条鱼尾静脉采取血样；进行常规生物学测量［体重、体长，以计算鱼体肥满度 (%) = 100 × 体重/体长^3］；解剖取肝脏、白肌等组织。将血样在4 ℃下静置4 h，然后以5 000 r/min离心10 min，收集血清。血清及组织样品放入液氮并带回实验室，保存于 −80 ℃待测。

1.3　样品测定

1.3.1　血清GH水平　采用Deng et al (2001) 建立的双抗体放射免疫测定法测定鱼血清GH水平。

1.3.2　血清T_3　使用北京北方生物技术研究所生产的三碘甲状腺原氨酸放射免疫测定试剂盒测定血清T_3，具体操作依其说明书进行。

1.3.3　白肌、肝脏的身体组成成分　采用105 ℃烘干失重法测定样品含水量，全自动凯氏定氮法测定蛋白质，乙醚抽提法测定脂肪。

2　结　果

2.1　饥饿过程中黑鲷血清GH及T_3水平的变化

黑鲷饥饿15 d后血清GH水平显著升高 ($F_{4,40}$ = 12.86, $P < 0.05$)，饥饿至30 d GH水平进一步上升；黑鲷饥饿15 d后其血清GH水平较对照组显著升高 (t = 3.26, $P < 0.05$)，饥饿至30 d血清GH水平极显著地高于对照组 (t = 13.19, $P < 0.01$) (图1)。

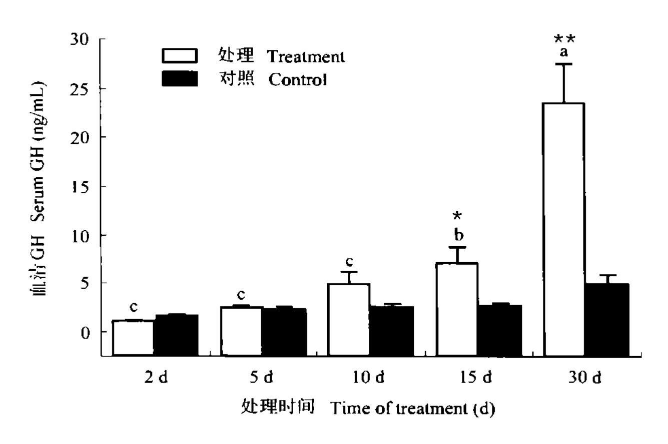


图1　饥饿过程中黑鲷血清生长激素水平的变化

Fig. 1　Changes in the level of serum growth hormone during starvation in black seabreams

差异检验结果：处理组标有相同字母者之间无差异，否则有显著差异 (ANOVA-Duncan's 多重比较)；处理组 (n = 9) 与对照组 (n = 9) 间，* $P < 0.05$，** $P < 0.01$ (t 检验)。

Differences were tested between the treatments with the ANOVA-Duncan's multiple comparison (a significant one was marked with different letters), and between the treatment and control with t-test (* $P < 0.05$, or ** $P < 0.01$).

黑鲷饥饿15 d后血清T_3水平显著下降 ($F_{4,40}$ = 10.67, $P < 0.05$)，饥饿处理15 d及30 d，其T_3水平显著低于对照组 (t = 2.86, $P < 0.05$; t = 2.93, $P < 0.05$) (图2)。

2.2　饥饿过程中黑鲷肥满度，白肌和肝脏水分、蛋白质及脂肪含量的变化

饥饿过程中黑鲷肥满度逐渐下降，于15 d后显著低于对照组（$t=2.31$，$P<0.05$），30 d后进一步降低（图3）。

白肌含水量逐渐上升，在15和30 d显著高于对照组；蛋白质含量逐渐降低，于15和30 d后显著低于对照组；脂肪含量在饥饿2 d后就显著低于对照组，但并未随着饥饿时间的延长而进一步降低，饥饿处理30 d，各组无显著差异（表1）。

肝脏含水量呈逐渐下降趋势，并于15和30 d后显著低于对照组；蛋白质含量的变化无规律性；脂肪含量呈现持续上升的趋势，饥饿10 d后显著高于对照组，饥饿15和30 d后极显著高于对照组（表2）。

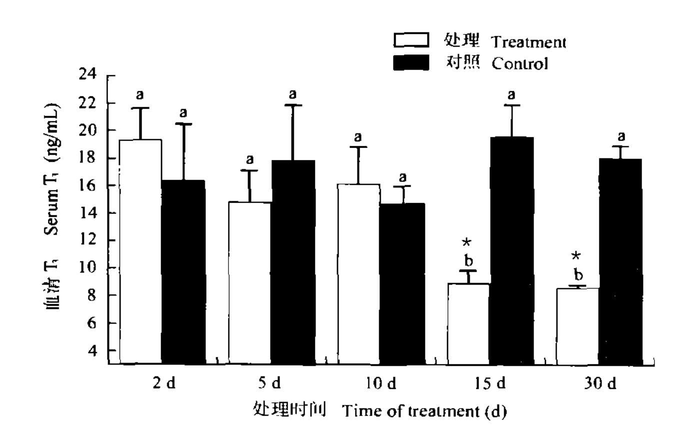


图2 饥饿过程中黑鲷血清甲状腺激素水平的变化

Fig.2 Changes in the level of serum triiodothyronine during starvation in black seabreams

柱上标注，见图1。

For the markers above the bar, see Fig.1.

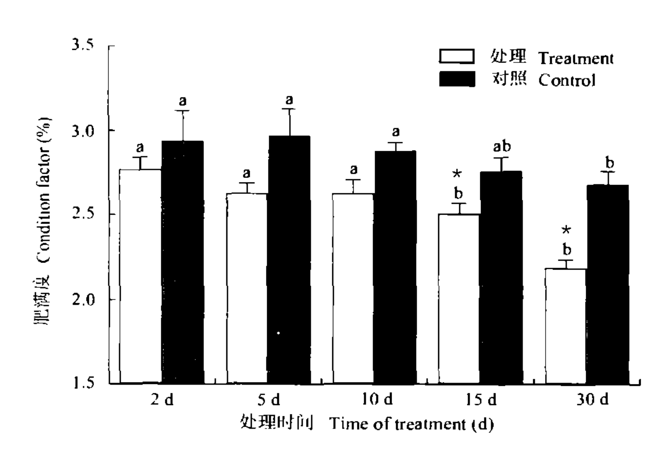


图3 饥饿过程中黑鲷肥满度的变化

Fig.3 Changes in the condition factor of black seabreams during starvation

柱上标注，见图1。

For the markers avobe the bar, see Fig.1.

表1 饥饿处理过程中黑鲷白肌水分、蛋白质及脂肪含量的变化（%，正常投食组作为对照）[1]

Table 1 Changes in the contents of lipid, protein and moisture in the white muscle of black seabreams during starvation (%, those normally fed as control)[1]

		处理时间 Time of treatment (d)				
		2	5	10	15	30
水分 Moisture	处理 Treatment	78.82 ± 0.32^{b}	78.72 ± 0.38^{b}	79.99 ± 0.22^{ab}	$80.30\pm0.69^{a*}$	$80.67\pm0.18^{a*}$
	对照 Control	76.77 ± 0.85^{ab}	78.16 ± 0.23^{a}	77.40 ± 0.64^{ab}	77.75 ± 0.27^{ab}	75.13 ± 0.11^{b}
蛋白质 Protein	处理 Treatment	20.12 ± 0.34^{a}	18.71 ± 0.17^{ab}	17.76 ± 0.31^{ab}	$17.65\pm0.49^{b*}$	$17.30\pm0.14^{b*}$
	对照 Control	20.07 ± 0.67^{a}	19.30 ± 0.25^{a}	19.87 ± 0.54^{a}	19.68 ± 0.38^{a}	21.71 ± 0.86^{a}
脂肪 Lipid	处理 Treatment	$0.61\pm0.09^{a*}$	$0.82\pm0.08^{a*}$	$0.75\pm0.07^{a*}$	$0.64\pm0.25^{a*}$	$0.84\pm0.16^{a*}$
	对照 Control	1.27 ± 0.34^{a}	0.98 ± 0.32^{a}	0.94 ± 0.19^{a}	0.96 ± 0.22^{a}	1.41 ± 0.12^{a}

[1] $n=9$；上标含义同图1柱上符号。

The superscripts are the same with symbols on the top of bars in Fig.1.

表2 饥饿处理后黑鲷肝脏水分、蛋白质及脂肪含量的变化（%，正常投食组作为对照）[1]

Table 2 Changes in the contents of lipid, protein and moisture of livers in black seabream during starvation (%, those normally fed as control)[1]

		处理时间 Time of treatment (d)				
		2	5	10	15	30
水分 Moisture	处理 Treatment	73.44 ± 0.35^{a}	71.58 ± 0.31^{a}	70.20 ± 0.25^{ab}	$68.38\pm0.29^{b*}$	$65.45\pm0.18^{c*}$
	对照 Control	74.32 ± 0.59^{a}	72.09 ± 0.63^{a}	72.26 ± 0.82^{a}	73.38 ± 0.53^{a}	72.88 ± 0.71^{a}
蛋白质 Protein	处理 Treatment	14.66 ± 0.37^{b}	$12.61\pm0.16^{c*}$	$17.80\pm0.43^{a*}$	15.02 ± 0.23^{ab}	16.05 ± 0.39^{ab}
	对照 Control	13.60 ± 0.19^{b}	15.35 ± 0.28^{a}	12.86 ± 0.36^{b}	15.31 ± 0.26^{a}	15.86 ± 0.28^{a}
脂肪 Lipid	处理 Treatment	7.58 ± 0.16^{c}	6.59 ± 0.25^{c}	$10.70\pm0.39^{b*}$	$11.97\pm0.53^{b**}$	$16.19\pm0.62^{a**}$
	对照 Control	6.46 ± 0.21^{a}	7.07 ± 0.30^{a}	6.88 ± 0.16^{a}	6.28 ± 0.13^{a}	6.76 ± 0.16^{a}

[1] $n=9$；上标含义同图1柱上符号。

The superscripts are the same with symbols on the top of bars in Fig.1.

3 讨 论

面对食物缺乏,动物将调整自身的代谢过程以适应饥饿胁迫,而这一系列适应性生理变化,有多种内分泌因子的参与调节。已发现饥饿导致多种哺乳动物血液中胰岛素(Ins)、T_3 等水平降低,而糖皮质激素水平、GH 等水平上升(Harvey & Klandorf,1983;Buonoma & Baile,1991;Sticker et al,1995;Buyse et al,2000)。Sumpter et al(1991)报道在饥饿过程中虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)血清 GH 水平明显上升,同样在虹鳟的研究中 Leatherland & Farbridge(1992)发现饥饿使其血清 GH 水平升高的同时,T_3 水平显著下降。本研究结果与上述报道一致,暗示鱼类在饥饿过程中血清 GH 水平升高、T_3 水平下降可能是一种较为普遍的现象。

GH 可以提高脂肪酶活性，从而促进脂肪组织中的脂肪分解（Richelsen，1997）。因此，在饥饿过程中 GH 分泌增加可能促进体内储存脂肪降解，有利于提供维持生命活动所需的能量。T_3 水平的降低则意味着代谢水平下降。二者协同作用以适应饥饿胁迫。

黑鲷白肌中脂肪含量在饥饿 2 d 后就有所下降，但白肌蛋白质不变；此后一直维持低水平，而蛋白质在 15 d 才显著降低。这表明在饥饿初期主要利用脂肪作为能源，随后才动用蛋白质。Shen et al（1999）报道在饥饿过程中草鱼肝脏蛋白质及脂肪含量均有不同程度的下降。饥饿过程中黑鲷肝脏蛋白质含量不但没有下降，甚至在第 10 天还显著升高（因为对照组本身也不稳定，处理间比较没有多大意义），而肝脏脂肪含量则随着饥饿时间的延长呈显著的上升趋势，饥饿至 30 d 时已达到对照组的 2 倍以上。这两个鱼种的差异及其生理机制有待研究。在饥饿过程中黑鲷肝脏脂肪含量逐渐升高的现象，目前无法作出明确解释。Kalderon et al（2000）发现，饥饿 15 h 的大鼠脂肪组织内脂肪分解为甘油和游离脂肪酸（free fatty acid，FFA）后，仅 36% 氧化分解为机体提供能量，而 57% 被脂肪组织重摄入进行再酯化。同时，脂肪酶活性会在饥饿状态下或 GH 作用下上升（Richelsen，1997）。由此推论，在饥饿过程中黑鲷肝脏脂肪含量持续上升可能是由于饥饿导致血清 GH 水平上升，而使脂肪酶活性提高，促使脂肪组织分解代谢加强，进而使肝组织摄取血清 FFA 的量增加。不过有关饥饿过程中肝脏脂肪含量与脂肪组织中脂肪的动用程度之间的确切相关性及其机理还有待进一步研究。

致谢：对本文审稿人所提出的宝贵意见致以诚挚的谢意。

参考文献：

Buonomo FC, Baile CA. 1991. Influence of nutritional deprivation on insulin-like growth factor-Ⅰ, somatotropin, and metabolic hormones in swine [J]. *J. Anim. Sci.*, **69**: 755－760.

Buyse J, Decuypere E, Darras VM, Vleurick LM, Kuhn ER, Veldhuis JD. 2000. Food deprivation and feeding of broiler chickens is associated with rapid and interdependent changes in the somatotrophic and thyrotrophic axes [J]. *British Poultry Science*, **41**: 107－116.

Collins A L, Anderson TA. 1995. The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch [J]. *J. Fish Biol.*, **47**: 1004－1015.

Deng L, Zhang WM, Lin HR, Cheng CHK. 2001. Seasonal variations of serum growth hormone leves and growth hormone receptor in black seabrem [J]. *Journal of Fisheries of China*, **25** (3): 203－208. [邓　利，张为民，林浩然，郑汉其. 2001. 黑鲷生长激素及其受体的季节变化. 水产学报，**25** (3): 203－208.]

Diraison F, Beylot M. 1998. Role of human liver lipogenesis and reesterification in triglycerides secretion and in FFA reesterification [J]. *AJP-Endocrinology and Metablism*, **274**: 321－327.

Harvey S, Klandorf H. 1983. Reduced adrenocortical function and increased thyroid function in fasted and refed chickens [J]. *J. Endocrinol.*, **98**: 129－135.

Kalderon B, Mayorek N, Berry E, Zevit N, Bar-Tana J. 2000. Fatty acid cycling in the fasting rat [J]. *AJP-Endocrinology and Metablism*, **279**: 221－227.

Leatherland JF, Farbridge KJ. 1992. Chronic fasting reduces the response of the thyroid to growth hormone and TSH, and alters the growth hormone-related changes in hepatic 5'-monodeiodinase activity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **87** (3): 342－353.

Maddock DM, Burton MPM. 1994. Some effects of starvation on the lipid and skeletal musle layers of the winter flounder, *Pleuronectes americanus* [J]. *Can. J. Zool.*, **72**: 1672－1679.

Moller N, Porksen N, Ovesen P, Alberti KG. 1993. Evidence for increased sensitivity of fuel mobilization to growth hormone during short-term fasting in humans [J]. *Horm. Metab. Res.*, **25** (3): 175－179.

Richelsen B. 1997. Action of growth hormone in adipose tissue [J]. *Horm. Res.*, **48** (5 suppl.): 105－110.

Schwartzbauer G, Menon RK. 1998. Regulation of growth hormone receptor gene expression [J]. *Molecular Genetics and Metabolism*, **63**: 243－253.

Shen WY, Lin HR, Zhang WM. 1999. Effects of starvation and refeeding on biochemical composition of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fingerling [J] *Acta Zoologica Sinica*, **45** (4): 404－412. [沈文英，林浩然，张为民. 1999. 饥饿和再投喂对草鱼鱼种生物化学组成的影响. 动物学报，**45** (4): 404－

412.]

Sticker LS, Thompson DL, Fernandez JM, DePew CL, Nadal MR. 1995. Dietary protein and (or) energy restriction in mares: plasma growth hormone, IGF-Ⅰ, prolactin, cortisol, and thyroid hormone responses to feeding, glucose, and epinephrine [J]. *Journal of Animal Science*, **73**: 1424-1432.

Stirling HP. 1976. Effects of experimental feeding and starvation on the proximate composition of the European bass, *Picentrarchus labrax* [J]. *Mar. Biol.*, **34**: 85-91.

Sumpter JP, LeBail PY, Pickering AD, Pottinger TG, Carragher JF. 1991. The effect of starvation on growth and plasma growth hormone concentration of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **83**: 94-102.

Xie XJ, Deng L, Zhang B. 1998. Advances and studies on ecophysiological effects of starvation on fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **22** (2): 181-188. [谢小军，邓 利，张 波. 1998. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展. 水生生物学报, **22** (2): 181-188.]

Zhang B, Sun Y, Tang QS. 2000. The effects of starvation on growth and biochemical composition in *Pagrosomus major* [J]. *Journal of Fisheries of China*, **24** (3): 206-210. [张 波，孙 耀，唐启升. 2000. 饥饿对真鲷生长及生化组成的影响. 水产学报, **24** (3): 206-210.]

Zhang B, Xie XJ. 2000. Starvation metablism in the southern catfish (*Silurus meridionalis*) [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinaca*, **31** (5): 480-484. [张 波，谢小军. 2000. 南方鲇的饥饿代谢研究. 海洋与湖沼, **31** (5): 480-484.]